

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

Computer machine assisted translation of Japanese patent document

**JP3030510B2**

Date of publication: 10.04.2000

---

### Bibliography

---

(19) [Publication country] Japan Patent Office (JP)  
(12) [Kind of official gazette] Patent official report (B-2)  
(11) [Patent number] Patent No. (P3030510) 3030510  
(24) [Registration date] February 10, Heisei 12 (2000. 2.10)  
(45) [Publication date] April 10, Heisei 12 (2000. 4.10)  
(54) [Title of the Invention] The manufacture approach of an enzyme functional electrode  
(51) [The 7th edition of International Patent Classification]  
G01N 27/327  
C12M 1/40  
[FI]  
G01N 27/30 353 J  
C12M 1/40 B  
[The number of claims] 1  
[Number of Pages] 4  
(21) [Application number] Japanese Patent Application No. 2-225113  
(22) [Filing date] August 29, Heisei 2 (1990. 8.29)  
(65) [Publication No.] JP,4-109158,A  
(43) [Date of Publication] April 10, Heisei 4 (1992. 4.10)  
[Request-for-examination day] August 12, Heisei 9 (1997. 8.12)  
(73) [Patentee]  
[Identification Number] 999999999  
[Name] SEIREN CO., LTD.  
[Address] 1-10-1, Keya, Fukui-shi, Fukui-ken  
(72) [Inventor(s)]  
[Name] Wakabayashi Sohe  
[Address] 12-4, Namiyose-cho, Fukui-shi, Fukui-ken  
(74) [Attorney]  
[Identification Number] 999999999  
[Patent Attorney]  
[Name] Saito Takehiko  
[Judge] Miyazawa \*\*  
(56) [Reference]  
[References] Provisional publication of a patent Showa 62-75251 (JP, A)  
[References] Provisional publication of a patent Showa 64-38646 (JP, A)  
[References] Provisional publication of a patent Taira 2-165046 (JP, A)  
(58) [The investigated field] (Int.Cl.7, DB name)  
G01N 27/327

---

### CLAIMS

---

(57) [Claim(s)]  
[Claim 1] The manufacture approach of the enzyme functional electrode characterized by electrodepositing carbon, building the conductive cloth foil and fixing an enzyme directly on it after carrying out metal plating processing of the cloth foil with the flexible SHIBIRI nature which consists of a vegetable fiber, an animal fiber, or an artificial fiber.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### (Field of the Invention)

This invention has flexible SHIBIRI nature, and surface area is large and it is light, and a cut is easy and is related with the manufacture approach of an enzyme functional electrode useful to a biosensor and the object for biotechnology AKUTA with the wide application range.

#### (Prior art)

The enzyme functional electrode for biosensors makes the biochemistry matter of the measuring object react as a measurement means of the biochemistry matter concentration in measured liquid using an enzyme, measures the concentration of the product electrically, and it is used in order to carry out the quantum of the substrate which contributes to an enzyme reaction indirectly.

Conventionally, as an enzyme electrode used for the above-mentioned biosensor, what consists of a working electrode and a contrast electrode is known. This working electrode consists of a poly membrane which fixed the enzyme which becomes the substrate electrode which consists of platinum with the measuring object, and film which chooses and penetrates one of the products of the enzyme reaction by this enzyme.

#### (Object of the Invention)

As mentioned above, the substrate electrode which consists of platinum is usually used for the enzyme electrode. For example, although the enzyme electrode which consists of a working electrode which comes to fix the enzyme which makes a substrate the measuring object biochemistry matter which JP,62-235557,A forms a poly membrane in a substrate electrode surface, and is contained in a measured specimen in this poly membrane, and the oxidation-reduction matter oxidized or returned with the reaction by this enzyme, and this working electrode and the contrast electrode which are immersed in \*\* into a measured specimen indicates, the platinum plate itself is using for a substrate electrode. In addition, although various enzyme functional electrodes are indicated by JP,62-215861,A, JP,62-14061,A, etc., the enzyme electrode indicated by these is an enzyme electrode formed by using the platinum plate itself as a cathode and carrying out the laminating of the enzyme transparency film, the enzyme fixed film, and the semipermeable membrane.

It is monotonous, and for a \*\*\*\*\* reason, an electrode, a platinum electrode, etc. which were mentioned above cannot be freely bent to flexible SHIBIRI nature but are inconvenient to change the form of an electrode according to a measured specimen container form. Moreover, workability is also bad at the point whose cut is easily impossible. Moreover, it also has the trouble which reactivity of a platinum electrode is small and it says that sensibility is low since surface area is small in a flat.

Recently, as use as a bioreactor of an enzyme electrode, an enzyme is directly fixed in an electrode surface, the electrical potential difference applied to an electrode is changed, and controlling a reaction from the outside has come to be performed. Under the present circumstances, in a bioreactor, reactivity is important. Also in this case, since surface area of a platinum electrode is small, it has small [ reactivity ] the trouble that sensibility is low.

Although to be light is demanded even if a bioreactor enzyme electrode's being filled up with the configuration expected to a reactor and a fill increase, a platinum electrode has many problems also at this point.

#### (The means for solving a technical problem)

The purpose of this invention is to solve the fault of the above-mentioned conventional technique.

It is the manufacture approach of the enzyme functional electrode characterized by electrodepositioning carbon, building the conductive cloth foil and fixing an enzyme directly on it after this invention carries out metal plating processing of the cloth foil with the flexible SHIBIRI nature which consists of a vegetable fiber, an animal fiber, or an artificial fiber. Flexible SHIBIRI nature [ which the nonmetal fiber cloth foil has ], surface concave convexity, lightweight nature, and cut ease, and the electrode engine performance which a metal has are combined very effectively, and the enzyme functional electrode obtained by this invention shows the effectiveness that the fault of the conventional technique is canceled.

According to JISL-1096 stiffness-and-softness A law (the 45-degree cantilever method), the flexible SHIBIRI nature of the enzyme functional electrode of this invention is a 50mm - 150mm soft thing. In addition, the measurement by 200mm or more on parenchyma is impossible for the usual platinum electrode.

any of artificial fibers, such as animal fibers, such as vegetable fibers, such as cotton which has flexible SHIBIRI nature, i.e., flexibility, and hemp, wool, and silk, KYUBURA, acetate, polyester, a polyamide, a polyacrylonitrile, polyurethane, and polypropylene, are sufficient as the cloth foil used for this invention, and it does not interfere in the form of independent or two or more sorts of mix spinning of these each, and a mixed fabric, either. The gestalten of the cloth foil are textiles, knitting, a ball race, a network, cloth textile fabrics, paper, etc. Although the desirable degree of \*\* is 1 denier - 100 deniers, it is not limited to this. Although it does not interfere even if it is 1 denier or less, manufacture becomes advanced technically and thin yarn 1 denier or less serves as cost quantity. Moreover, in 1000 deniers or more, it becomes difficult to obtain the electrode which became hard and had the flexible SHIBIRI nature which is the purpose of this invention.

this invention person had previously the flexible SHIBIRI nature which it comes to fix directly in gold or the electrode which carried out silver plating in the cloth foil, and surface area was large and he proposed the light enzyme functional electrode with an easy cut (Japanese Patent Application No. No. 319412 [ 63 to ]). Although this electrode has a useful property, and metal elution is produced in the potential impression below -0.5v, these problems do not produce the

electrode of this invention. As a metal which should be carried out metal plating, nickel, copper, etc. are desirable. The plating approaches, such as nickel and copper, have a desirable electroless deposition method. Electrodeposition is used as an approach of giving carbon on the these-plated metal. Since the carbon coat by which thickness was controlled on the fiber front face can be made easily, without choosing the gestalt of fiber with this electrodeposition process, there is flexible SHIBIRI nature, surface area is large and a light and conductive textile with an easy cut can be obtained. Cheaply firm metalization is attained in this way. Immobilization of the enzyme to a metalization cloth foil top can be performed with a proper fixing method. Usually, it is carried out by the approach of making the solution or dispersion liquid of film-forming resin contain an enzyme or enzyme liquid, and applying to them etc. One of the desirable approaches is the approach of using the prepolymer dispersion liquid of polyurethane.

If the enzyme used for this invention delivers and receives an electron for a reaction, you may be which enzyme and dehydrogenase enzymes, such as OKISHIDAZE enzymes, such as glucose oxidase, galactose oxidase, alcohol oxidase, and cholesterol oxidase, glucose dehydrogenase, and alcohol dehydrogenase, other diaphorases, a catalase, etc. will be mentioned.

(Example)

Below, the example of this invention is explained.

(A) Production of an electrode What is described below is Example I. A NADH (nicotinamide adenine dinucleotide) reactor electrode, example II It is an example in the case of producing a cinnamyl alcohol reactor electrode.

\* Production of the plating cloth foil Deed nickel-plating cloth was first obtained for nickel plating in the taffeta (passing 170 consistencies/inch, 85 latitude density/inch) which consists of degree polyester filament yarn of \*\* of 50 deniers (the number of filaments 24) according to the following formula.

Catalyst grant processing Place Way Chlorination rose JIUMU 0.3 g/L Stannous chloride 15.0 g/L Hydrochloric acid (35%) 200 cc/L Liquid \*\* 30 degrees C Processing time For 10 minutes Hot air drying was enough carried out at 80 degrees C after rinsing.

Activation Subsequently it is a processing electroless-nickel-plating method for 3 minutes at the inside of the water solution of hydrochloric-acid (35%) 200 cc/L, and 50 degrees C. - \*\* (\*\*\*\*\* .) \*\*\*\*\* \_A\_ \*\*\*\*\* epsilon \*\* . \*\*\*\*\* . \*\*\*\*\* epsilon \*\* . \*\*\*\*\* . \*\*\*\* . \*\*\*\*\* ~ \*\* \_ empress . \*\*\*\*\* - \*\*\*\*\* . \*\*\*\* \* \* \* \*\*\*\*\* - \*\*\*\*\* . \*\*\*\*\* | \*\*\*\*\* . Forerunner | \*\*\*\* . \*\*\*\*\* . Forerunner | \*\*\*\* . \*\* \* \*\*\*\*\* | \*\*\*\*\* \* \* \*\*\*\*\*

Liquid \*\* 20 degrees C Addition power 800 clones Processing time Production of a 100-second fixed solution It fixed by the technique of JP,62-263668,A. What mixed eye ZERAKKUSU 0 (Hodogaya Chemistry) 12.5mg and eye ZERAKKUSU P(Hodogaya Chemistry) 10mg with eye ZERAKKUSU 1020 (Hodogaya Chemistry) 500mg was added, and it fully mixed. Next, the example I: Diaphorase (Pharmacia, Inc.), example II: diaphorase (Pharmacia, Inc.), and 30mg (Sigma) of alcoholic hydrogenases were added, respectively, and it fully mixed.

Production of an enzyme fixed electrode The fixed solution (example I-A 30mg, example I-B 60mg) was applied to the carbon electrodeposition cloth foil (example I-A 320mm<sup>2</sup>, example I-B 640mm<sup>2</sup>), and desiccation film production immobilization was carried out at 25 degrees C for 24 hours.

(B) Engine-performance check The bioreactor-operation according to the check of the engine performance to electrical-potential-difference impression was measured, and was performed. The Measuring condition is as follows.

\*\* \*\* potentiostat (Day Thickness Measurement NPGFZ-2501A)

Reference electrode (silver/silver silver chloride electrode)

Contrast electrode (platinum plate)

High performance chromatography (Shimadzu Corp.)

Electrolytic solution 0.1M Glycine buffer (pH9.6)

0.1M Potassium chloride 1mM Methyl viologen (Sigma)

Join \*\* I bioreactor nature The enzyme functional electrode of this invention was immersed in the above-mentioned electrolytic solution, the potential of -0.9V was fixed-time-applied and what was generated or consumed was caught with high performance chromatography.

Example I NAD<sup>+</sup> (2mM) added as shown in drawing 1 receives reduction with an enzyme functional electrode, and NADH is generated.

Example II The cinnamaldehyde (2.3mM) added as shown in drawing 2 receives reduction with an enzyme functional electrode, and is consumed.

It became clear that Examples I and II of the enzyme functional electrode of this invention are useful as a bioreactor.

I blanket-like electrode characteristic The enzyme functional electrode of this invention has large surface area. Moreover, since it was a blanket-like electrode, flexible SHIBIRI nature was large, and the easy light and electrode of a cut was obtained.

Flexible SHIBIRI nature was measured by JISL-1096 stiffness-and-softness A law (the 45-degree cantilever method), and the 100mm thing was obtained. It is drawing 1 which the electrode surface product was changed and was measured. Productivity is [ the one where an electrode surface product is larger ] large.

When the enzyme functional electrode of this invention was used for an AIO reactor so that clearly [ it may be the above-mentioned result and ], the sex from Takao and the high sensitivity thing were obtained according to the surface area being large.

II direct fixed property Since the enzyme functional electrode of this invention had fixed the enzyme in the electrode surface, it became possible [ controlling a reaction from the outside ] by changing the electrical potential difference to

which migration of the electron in an electrode is added by the electrode. If Examples I and II stop applied voltage, an enzyme reaction stops immediately.

(Effect of the invention)

The sex from Takao, the bioreactor of high sensitivity, and a biosensor are given according to the enzyme functional electrode of this invention having large surface area. Moreover, it has flexible SHIBIRI nature, and processing of a cut etc. is easy, and since the form of an enzyme functional electrode is freely changeable, the applied large features are given. Furthermore, since the enzyme is fixed directly, it is controllable from the outside in a reaction.

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

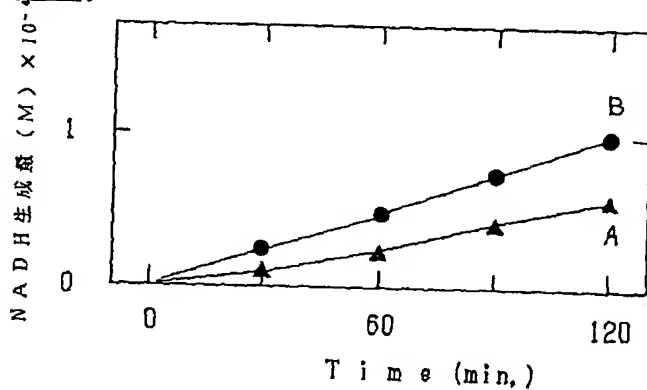
Drawing 1 shows the amount of NADH(s) which added NAD<sup>+</sup> (2mM) received reduction with the enzyme functional electrode, and generated.

The surface area of 2 (mark) and B of the surface area of A is 2 (- mark) 640mm 320mm.

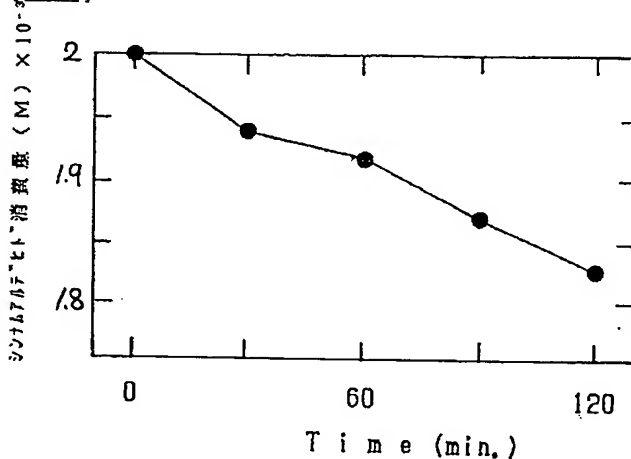
Drawing 2 shows the amount in which the added cinnamaldehyde (2.3mM) received reduction with the enzyme functional electrode, and was consumed.

## DRAWINGS

[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3030510号

(P3030510)

(45) 発行日 平成12年 4 月10日 (2000. 4. 10)

(24) 登録日 平成12年 2 月10日 (2000. 2. 10)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 1 N 27/327

G 0 1 N 27/30

3 5 3 J

C 1 2 M 1/40

C 1 2 M 1/40

B

請求項の数 1 (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平2-225113

(22) 出願日 平成 2 年 8 月29日 (1990. 8. 29)

(65) 公開番号 特開平4-109158

(43) 公開日 平成 4 年 4 月10日 (1992. 4. 10)

審査請求日 平成 9 年 8 月12日 (1997. 8. 12)

(73) 特許権者 999999999

セーレン株式会社

福井県福井市毛矢 1 丁目10番 1 号

(72) 発明者 若林 惣兵衛

福井県福井市波寄町12- 4

(74) 代理人 999999999

弁理士 斉藤 武彦

審査官 宮澤 浩

(56) 参考文献 特開 昭62-75251 (J P, A)

特開 昭64-38646 (J P, A)

特開 平 2-165046 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

G01N 27/327

(54) 【発明の名称】 酵素機能電極の製造方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】植物繊維、動物繊維又は人造繊維よりなるフレキシビリティのある布はくを金属メッキ処理した後、カーボンを着着して導電性布はくをつくり、その上に酵素を直接固定化することを特徴とする酵素機能電極の製造方法。

【発明の詳細な説明】

(産業上の利用分野)

本発明は、フレキシビリティを持ち、表面積が大きく、軽く、カットが容易で応用範囲の広い、バイオセンサー、バイオアクター用に有用な酵素機能電極の製造方法に関する。

(従来の技術)

バイオセンサー用の酵素機能電極は、被測定液中の生化学物質濃度の測定手段として、酵素を利用して測定対

2

象の生化学物質を反応させ、その生成物の濃度を電気的に測定し、間接的に酵素反応に寄与する基質を定量するために用いられている。

従来、上記バイオセンサーに使用される酵素電極としては、作用電極及び対照電極よりなるものが知られている。この作用電極は白金よりなる下地電極に測定対象となる酵素を固定化した高分子膜と、この酵素による酵素反応の生成物の一つを選択して透過する膜とからなるものである。

(発明が解決しようとする課題)

上述したように、通常、酵素電極には白金よりなる下地電極が使用されている。例えば、特開昭62-235557号は下地電極表面に高分子膜を形成しこの高分子膜中に、被測定検体中に含まれる測定対象生化学物質を基質とする酵素と、この酵素による反応に伴い酸化または還元さ

れる酸化還元物質とを固定してなる作用電極と、この作用電極と共に被測定検体中に浸漬される対照電極とよりなる酵素電極を開示するものであるが、下地電極に白金板そのものを使用している。その他特開昭62-215861号、特開昭62-14061号等に種々の酵素機能電極が開示されているが、これらに開示された酵素電極は、白金板そのものをカソードとし、酵素透過膜、酵素固定化膜及び半透膜を積層して形成された酵素電極である。

上述した電極、白金電極等は、被測定検体容器形体に依じて電極の形を変えたい場合、平板でフレキシビリティに欠えるため自由に曲げることができず不都合である。又カットが容易に出来ない点で加工性も悪い。又白金電極等はフラットで表面積が小さいので反応性が小さく、感度が低いと言う問題点も持っている。

最近、酵素電極のバイオリアクターとしての利用として、電極表面に酵素を直接固定化して、電極に加える電圧を変化させて、反応を外部から制御することが行われるようになってきた。この際、バイオリアクターでは反応性が重要である。この場合も白金電極は表面積が小さいため反応性が小さく、又感度が低いという問題点がある。

バイオリアクター酵素電極を反応塔に望む形状で充填できること、又充填量が多くなっても軽いということが要求されるが、この点でも白金電極は問題が多い。

(課題を解決するための手段)

本発明の目的は上記従来技術の欠点を解決することにある。

本発明は植物繊維、動物繊維又は人造繊維よりなるフレキシビリティのある布はくを金属メッキ処理した後、カーボンを電着して導電性布はくをつくり、その上に酵素を直接固定化することを特徴とする酵素機能電極の製造方法である。本発明で得られる酵素機能電極は、非金属繊維布はくの持つフレキシビリティ、表面凹凸性、軽量性、カット容易性と金属の持つ電極性能とが極めて有効に結合されて、従来技術の欠点が解消されているという効果を示す。

本発明の酵素機能電極のフレキシビリティはJISL-1096 剛軟性A法(45°カンチレバー法)によれば50mm~150mmの軟らかいものである。尚通常の白金電極は200mm以上で実質上測定不可能である。

本発明に用いられる布はくは、フレキシビリティ即ち可撓性のある綿、麻等の植物繊維、羊毛、絹等の動物繊維、キュブラ、アセテート、ポリエステル、ポリアミド、ポリアクリロニトリル、ポリウレタン、ポリプロピレン等の人造繊維の何れでもよく、これら各々の単独あるいは二種以上の混紡、混織の形で差支えない。布はくの形態は織物、絹物、レース、網、布織布、紙等である。好ましい織度は1デニール~100デニールであるがこれに限定されるものではない。1デニール以下であってもさしつかえないが1デニール以下の細い糸は製造

が技術的に高度となりコスト高となる。又1000デニール以上では硬くなり本発明の目的であるフレキシビリティを持った電極を得ることが困難となる。

本発明者は先に布はくに金または銀メッキした電極に直接固定化してなるフレキシビリティを持ち、表面積が大きく、軽く且つカットが容易な酵素機能電極を提案した(特願昭63-319412号)。この電極は有用な特性を持っているが、-0.5V以下の電位印加で金属の溶出を生ずるが本発明の電極はこれらの問題が生じない。金属メッキすべき金属としてはニッケル、銅等が好ましい。

ニッケル、銅等のメッキ方法は無電解メッキ法が好ましい。これらメッキした金属上にカーボンを付与する方法としては電着が用いられる。この電着法により繊維の形態を選ぶことなく、繊維表面に厚みのコントロールされたカーボン皮膜を容易に作るができるので、フレキシビリティがあり、表面積が大きく、軽く且つカットが容易な導電性布帛を得ることができる。かくして安価に強固な金属化が達成される。

金属化布はく上への酵素の固定化は適宜の固定法によって行ないうる。通常は皮膜形成性樹脂の溶液又は分散液に酵素または酵素液を含有させて塗布する方法等によって行なわれる。好ましい方法の1つはポリウレタンのプレポリマー分散液を用いる方法である。

本発明に用いられる酵素は反応に電子の授受を行うものであれば何れの酵素であってもよく、グルコースオキシダーゼ、ガラクトースオキシダーゼ、アルコールオキシダーゼ、コレステロールオキシダーゼ等のオキシダーゼ酵素、グルコースデヒドロゲナーゼ、アルコールデヒドロゲナーゼ等のデヒドロゲナーゼ酵素、その他ジアホラーゼ、カタラーゼ等が挙げられる。

(実施例)

以下に、本発明の実施例について説明する。

(A) 電極の作製

次に述べるのは実施例I NADH(ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)リアクター電極、実施例II シンナミルアルコールリアクター電極を作製する場合の実施例である。

\*メッキ布はくの作製

下記処方に従い織度50デニール(フィラメント数24本)ポリエステルフィラメント糸よりなるタフタ(経密度170本/吋、緯密度85本/吋)にニッケルメッキをま

ず行いニッケルメッキ布を得た。

触媒付与処理

処 方	塩化パラジウム	0.3g/L
	塩化第一錫	15.0g/L
	塩酸(35%)	200cc/L

液 温 30℃

処理時間 10分間

充分水洗後、80℃で熱風乾燥した。

活性化処理

次いで塩酸（35%）200cc/Lの水溶液中、50℃で3分間処理

#### 無電解ニッケルメッキ法

処 方	硫酸ニッケル	25g/L
	次亜リン酸ナトリウム	25g/L
	ピロリン酸ナトリウム	50g/L

pH 10～11

液 温 50℃

処理時間 10分間

#### カーボン電着法

電着液	ハニブライトF-1	16.7%
	ハニブライト調整剤	3.3%
	ハニブライトG-2	3.3%
	イオン交換水	76.7%

（ハニブライトは何れもハニー化成（株）製）

液 温 20℃

附加電力 800クローン

処理時間 100秒

#### 固定化溶液の作製

特開昭62-263668号の手法で固定化を行なった。アイゼラックス1020（保土谷化学（株））500mgに、アイゼラックス0（保土谷化学（株））12.5mgとアイゼラックスP（保土谷化学（株））10mgをミックスしたものを加えて十分に混合した。次に実施例I:ジアホラーゼ（ファルマシア（株））、実施例II:ジアホラーゼ（ファルマシア（株））、アルコールヒドロゲナーゼ（シグマ（株））をそれぞれ30mg加えて十分に混合した。

#### 酵素固定化電極の作製

カーボン電着布はく（実施例I-A 320mm<sup>2</sup>、実施例I-B 640mm<sup>2</sup>）に固定化溶液（実施例I-A 30mg、実施例I-B 60mg）を塗布し、25℃で24時間乾燥製膜固定化した。

#### （B）性能チェック

性能のチェックを、電圧印加によるバイオリアクターの作用を測定して行なった。測定条件は以下の通りである。

#### 装 置

ポテンシオスタット（日厚計測（株）NPGFZ-2501A）

参照電極 （銀／塩化銀電極）

対照電極 （白金板）

高速液体クロマトグラフィー（島津製作所（株））

#### 電解液

0.1M グリシンバッファー（pH9.6）

0.1M 塩化カリウム

1mM メチルビオロゲン （シグマ（株））

#### 結 果

##### I バイオリアクター性

本発明の酵素機能電極を、上記電解液に浸漬し-0.9Vの電位を一定時間加え、生成または消費されたものを高速液体クロマトグラフィーでとらえた。

##### 実施例I

図1に示したように加えたNAD<sup>+</sup>（2mM）が酵素機能電極により還元を受けNADHが生成されている。

##### 実施例II

10 図2に示したように加えたシンナムアルデヒド（2.3mM）が酵素機能電極により還元を受け消費されている。

実施例I、IIとも本発明の酵素機能電極はバイオリアクターとして有用なことが判明した。

##### I 布状電極特性

本発明の酵素機能電極は表面積が大きい。また布状電極であるのでフレキシビリティが大きく、軽かつカットの容易な電極が得られた。

フレキシビリティはJISL-1096剛軟性A法（45°カンチレバー法）で測定し100mmのものが得られた。電極表面積を変化させて測定したのが図1である。電極表面積が大きいほうが生産性が大きくなっている。

上記結果で明らかなように、本発明の酵素機能電極をバイオリアクターに使用した場合、その表面積が大きいことにより高生産性、高感度なものが得られた。

##### II 直接固定化特性

本発明の酵素機能電極は酵素を電極表面に固定化してあるので、電極での電子の移動を、電極に加えられる電圧を変化させる事によって、反応を外部から制御することが可能となった。実施例I、IIとも印加電圧を停止すれば酵素反応が直ちにストップする。

##### （発明の効果）

本発明の酵素機能電極は表面積が大きいことにより高生産性、高感度のバイオリアクター、バイオセンサーを与える。又フレキシビリティを持ち、且つカット等の加工が容易で酵素機能電極の形を自由に換えられるので応用の広い特長を与える。更に、酵素を直接固定化してあるので、反応を外部から制御可能である。

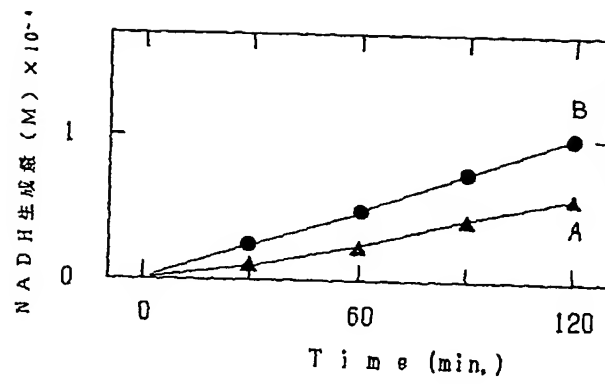
##### 【図面の簡単な説明】

40 図1は加えたNAD<sup>+</sup>（2mM）が酵素機能電極により還元を受け生成したNADH量を示している。

Aの表面積は320mm<sup>2</sup>（▲印）、Bの表面積は640mm<sup>2</sup>（●印）である。

図2は加えたシンナムアルデヒド（2.3mM）が酵素機能電極により還元を受け消費された量を示している。

【第1図】



【第2図】

